

REC'D 17 FEB 2005

WIPO

PCT



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

IB/05/050468

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

04100689.1 ✓

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:
Application no.: 04100689.1 ✓
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 20.02.04 ✓
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Intellectual Property GmbH

20099 Hamburg
ALLEMAGNE
Koninklijke Philips Electronics N.V.
Groenewoudseweg 1
5621 BA Eindhoven
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Vorrichtung und Verfahren zur multimodalen Registrierung von Bildern

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

G06T5/00

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT RO SE SI SK TR LI

BESCHREIBUNG

Vorrichtung und Verfahren zur multimodalen Registrierung von Bildern

Die Erfindung betrifft eine Datenverarbeitungseinrichtung und ein Verfahren zur Registrierung einer ersten Abbildung eines Objektes, die mit einer ersten Abbildungs-
 5 methode gewonnen wurde, mit einer zweiten Abbildung des Objektes, die mit einer anderen Abbildungsmethode, insbesondere mit einer anderen Modalität gewonnen wurde.

Chirurgische Eingriffe werden üblicherweise mit Hilfe von präoperativ erzeugten Abbildungen des Operationsgebietes geplant, wobei die Abbildungen beispielsweise durch
 10 (Röntgen-)Computertomografie, Magnetresonanzverfahren oder Röntgenprojektionen gewonnen sein können und die anatomischen bzw. pathologischen Eigenschaften des Patienten zeigen. Für minimalinvasive Eingriffe, bei denen das Operationsgebiet nicht direkt sichtbar ist, sind in der Regel zusätzlich intraoperativ gewonnene Abbildungen erforderlich. Insbesondere können Änderungen der Anatomie (beispielsweise die
 15 Verschiebung von Organen durch die Intervention oder durch Bewegung wie die Atmung oder den Herzschlag des Patienten) sowie chirurgische Informationen wie die Position der chirurgischen Instrumente mit intraoperativen Abbildungen erfasst werden. Allerdings sind Magnetresonanz- (MR) Verfahren oder die Computertomografie (CT) für die Erzeugung intraoperativer Abbildungen weniger geeignet, da ihre Einsatzmöglichkeiten in einem
 20 Operationssaal oder einem Interventionsraum beschränkt sind und sie typischerweise keine Bilder in Echtzeit liefern.

Gut anwendbar für die Erzeugung intraoperativer Abbildungen sind dagegen Ultraschallverfahren. Da der Chirurg die Ultraschallsonde in der Regel manuell steuert und
 25 sich somit die Abbildungsgeometrie ständig ändert, ist es jedoch schwer für ihn, das Ultraschallbild mental mit einem präoperativen dreidimensionalen MR/CT-Bild zur Deckung zu bringen. Diesbezüglich ist aus der WO 01/78010 A2 ein Verfahren bekannt, mit welchem präoperativ gewonnene CT- oder MR-Abbildungen einer Röhrenstruktur mit intraoperativen Ultraschallabbildungen registriert werden können. Bei einer solchen
 30 Registrierung von Abbildungen verschiedener Modalitäten besteht das Problem, dass

aufgrund verschiedener charakteristischer Abbildungseigenschaften der Modalitäten die resultierenden Bilder dasselbe Objekt unterschiedlich darstellen. Dies erschwert eine an sich wünschenswerte merkmalsbasierte Registrierung der Abbildungen.

- 5 Vor diesem Hintergrund war es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Mittel zur verbesserten Registrierung unterschiedlicher Abbildungen bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird durch eine Datenverarbeitungseinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 9 gelöst.

- 10 Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

Die erfindungsgemäße Datenverarbeitungseinrichtung dient der Registrierung einer ersten Abbildung eines Objektes mit einer zweiten Abbildung des Objektes, wobei die erste Abbildung mit einer ersten Abbildungsmethode und die zweite Abbildung mit einer
15 hiervon unterschiedlichen zweiten Abbildungsmethode gewonnen wurde. Die Unterschiedlichkeit der Abbildungsmethoden kann dabei insbesondere in der Anwendung verschiedener Modalitäten bestehen. Bezugnehmend auf die eingangs geschilderte Situation könnte die erste Abbildung beispielsweise eine dreidimensionale CT-Aufnahme und die zweite Abbildung eine intraoperative Ultraschallaufnahme sein. Die Unterschiedlichkeit
20 der Abbildungsmethoden könnte jedoch auch in der Anwendung verschiedener Aufnahmebedingungen (Protokolle) für dieselbe Modalität bestehen, z.B. bei CT-Aufnahmen mit und ohne Kontrastmittelgabe oder bei MR-Aufnahmen mit unterschiedlichen Aufnahmeparametern. Die Datenverarbeitungseinrichtung ist ferner dazu eingerichtet, die folgenden Schritte auszuführen:

25

- a) Die Erzeugung einer ersten transformierten Abbildung aus der genannten ersten Abbildung, wobei in dieser transformierten Abbildung charakteristische Abbildungseigenschaften der ersten Abbildungsmethode reduziert und/oder charakteristische Abbildungseigenschaften der zweiten Abbildungsmethode
30 verstärkt werden. Eine charakteristische Abbildungseigenschaft der Abbildungsmethode "Ultraschall" ist es beispielsweise, Abschattungen hinter Knochen oder gasgefüllten Volumina zu zeigen sowie unterschiedliche Gewebe je nach

Schallgeschwindigkeit der Schallsignale verzerrt darzustellen. In der ersten transformierten Abbildung findet eine Angleichung an die zweite Abbildung statt, indem auf die zugehörige erste Abbildungsmethode zurückgehende Eigenheiten reduziert werden und/oder indem Bildmerkmale verstärkt bzw. erzeugt werden, die bei Erzeugung der Abbildung mit Hilfe der zweiten Abbildungsmethode aufgetreten wären.

b) Die Erzeugung einer zweiten transformierten Abbildung aus der zweiten Abbildung, wobei in der zweiten transformierten Abbildung optional charakteristische Abbildungseigenschaften der zweiten Abbildungsmethode reduziert und/oder optional charakteristische Abbildungseigenschaften der ersten Abbildungsmethode verstärkt werden. Analog zu Schritt a) wird somit ausgehend von der zweiten Abbildung und der zugehörigen zweiten Abbildungsmethode ein Angleichen an die Sicht- und Darstellungsweise der ersten Abbildung vorgenommen.

Da es häufig ausreicht, eine der beiden ursprünglichen Abbildungen in Bezug auf die verschiedenen Abbildungsmethoden der anderen Abbildung anzugleichen, kann die zweite transformierte Abbildung insbesondere auch identisch mit der ursprünglichen zweiten Abbildung sein (d.h. die Transformation ist die Identität). In diesem Falle erfolgt die Betrachtung der zweiten "transformierten" Abbildung aus rein formalen Gründen, um die Darstellung des Verfahrens zu vereinheitlichen.

c) Die Registrierung der in Schritt a) und b) gewonnenen transformierten Abbildungen. Unter der "Registrierung" wird dabei in üblicher Weise die wechselseitige Zuordnung von Objektpunkten in den verschiedenen Abbildungen verstanden. Registrierte Abbildungen können insbesondere so einander überlagert dargestellt werden, dass sich die Bildpunkte decken, die zu demselben Objektpunkt gehören. Des Weiteren versteht es sich, dass mit der Registrierung der transformierten Abbildungen auch die zugehörige Registrierung der ursprünglichen (ersten und zweiten) Abbildungen bekannt ist, so dass diese zum Beispiel einander überlagert auf einem Monitor dargestellt werden können.

Bei der beschriebenen Datenverarbeitungseinrichtung werden Abbildungen unterschiedlicher Abbildungsmethoden vor ihrer Registrierung erst in Bezug auf das charakteristische Abbildungsverhalten der Methoden aneinander angeglichen. Hierdurch
5 können außergewöhnliche Eigenheiten einer Abbildungsmethode, die zu Fehlregistrierungen der ursprünglichen Abbildungen führen würden, eliminiert werden. In den transformierten Abbildungen sind im Wesentlichen nur noch solche Strukturen enthalten, die von den beteiligten Abbildungsmethoden in Bezug auf ein anwendungsspezifisch gewähltes Ähnlichkeitsmaß in etwa gleicher Weise abgebildet werden. Auf diese Weise
10 können die Abbildungen trotz ihrer Herkunft aus unterschiedlichen Abbildungsmethoden mit großer Genauigkeit registriert werden.

Wie bereits erläutert wurde, können die erste und zweite Abbildungsmethode die Anwendung unterschiedlicher Modalitäten beinhalten. In diesem Falle kann von den
15 beteiligten Modalitäten eine insbesondere eine Computertomografie, eine Röntgenprojektion oder ein Magnetresonanzverfahren sein, wobei die zugehörige Abbildung zweidimensional oder auch dreidimensional sein kann. Insbesondere kann dies für die erste Modalität, welche der Erzeugung der ersten Abbildung zugrunde liegt, gelten. Zwei- oder dreidimensionale Abbildungen, die mit einer der genannten Modalitäten
20 erzeugt wurden, eignen sich insbesondere als präoperative Aufnahmen zur Planung eines chirurgischen Eingriffs. Des Weiteren kann eine der Modalitäten ein Ultraschall-Abbildungsverfahren, ein (Echtzeit-)Magnetresonanzverfahren, eine Röntgenfluoroskopie oder eine CT-Fluoroskopie sein. Vorzugsweise handelt es sich in diesem Falle um die zweite Modalität, welche dann insbesondere für die intraoperative Beobachtung eines
25 chirurgischen Eingriffes geeignet ist.

Alternativ kann die Unterschiedlichkeit der Abbildungsmethoden auch darin bestehen, dass die Abbildungen mit derselben Modalität bei verschiedenen Aufnahmebedingungen erzeugt wurden. Beispielsweise kann die erste Abbildung eine präoperative
30 Röntgenaufnahme unter Kontrastmittelgabe sein, während die zweite Abbildung eine Röntgenaufnahme ohne Kontrastmittel ist.

Für das in Schritt c) eingesetzte Registrierungsverfahren stehen prinzipiell alle hierfür geeigneten Ansätze und Algorithmen zur Verfügung. Vorzugsweise kann es sich um eine merkmalsbasierte Registrierung der transformierten Abbildungen handeln. Das heißt, dass in den transformierten Abbildungen bildbasierte Merkmale wie z.B.

- 5 Intensitätsverteilungen, die etwa Gefäßverzweigungen, Organe oder Organgrenzen, Knochen, Implantate und dergleichen anzeigen, detektiert werden, so dass die Abbildungen anschließend aufgrund der Merkmale transformiert werden können. Vorteilhaft an der merkmalsbasierten Registrierung ist, dass sie gezielt Strukturen bzw. Objekte zur Deckung bringt, was für die Anwendung in der Regel besonders relevant ist.
- 10 Gemäß einer Weiterbildung der Datenverarbeitungseinrichtung kann diese dazu eingerichtet sein, in mindestens einer der Abbildungen (das heißt der ersten Abbildung, der zweiten Abbildung oder in einer der transformierten Abbildungen) Objektbereiche mit unterschiedlicher materieller Zusammensetzung zu segmentieren. Eine solche auf das
- 15 Objektmaterial bezogene Segmentierung ist bei der Erzeugung der transformierten Abbildungen hilfreich, da unterschiedliches Abbildungsverhalten verschiedener Abbildungsmethoden in der Regel mit verschiedenen Materialien des Objektes zusammenhängt. So haben beispielsweise Knochen oder gasgefüllte Volumina für Ultraschallverfahren eine hohe Bedeutung, da sie hierfür praktisch undurchsichtig sind und
- 20 die hinter ihnen liegenden Bereiche nur Artefakte statt relevanter Information über das Objekt enthalten. Wenn daher auf einer MR- oder CT-Aufnahme derartige Materialbereiche des Objektes ermittelt werden können, kann eine Vorhersage über die Darstellung des Objektes mit einem Ultraschallverfahren getroffen werden.
- 25 Gemäß einer anderen Weiterbildung der Datenverarbeitungseinrichtung, die insbesondere in Verbindung mit der vorstehend genannten Ausbildung eingesetzt werden kann, können Bereiche von einer oder beiden transformierten Abbildungen maskiert werden, in denen mindestens eine der Abbildungsmethoden keine zuverlässige Bildinformation liefert. Die Maskierung solcher Bereiche führt definitionsgemäß dazu, dass diese bei einer
- 30 Registrierung der transformierten Abbildungen nicht berücksichtigt werden. Hierdurch wird gewährleistet, dass die Registrierung im Wesentlichen auf Bereichen erfolgt, die von den beiden Abbildungsmethoden ähnlich abgebildet werden. Durch die Maskierung

können beispielsweise Bereiche hinter Knochen oder luftgefüllten Volumina ausgeschlossen werden, die in Ultraschallaufnahmen abgeschattet sind.

- Um die Genauigkeit der Registrierung weiter zu verbessern, können zusätzliche
5 Informationen verwendet werden. Insbesondere können gemessene Positionen übereinstimmender Objektpunkte und/oder eine Kalibrierung der Abbildungen bei der Registrierung z.B. in Form von Startwerten berücksichtigt werden.

- Gemäß einer anderen Weiterbildung der Datenverarbeitungseinrichtung kann diese in der
10 Lage sein, Verfahren der elastischen Registrierung von Bildinhalten einzusetzen. Auf diese Weise können auch Effekte durch eine Deformation des Gewebes und/oder durch eine Organverschiebung berücksichtigt werden.

- Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Registrierung einer ersten Abbildung eines
15 Objektes, die mit einer ersten Modalität gewonnen wurde, mit einer zweiten Abbildung des Objektes, die mit einer von der ersten Modalität unterschiedlichen zweiten Modalität gewonnen wurde, umfassend die folgenden Schritte:

- a) Die Erzeugung einer ersten transformierten Abbildung aus der ersten Abbildung, in
20 welcher charakteristische Abbildungseigenschaften der ersten Modalität reduziert und/oder charakteristische Abbildungseigenschaften der zweiten Modalität verstärkt sind.
- b) Die Erzeugung einer zweiten transformierten Abbildung aus der zweiten
25 Abbildung, in welcher optional charakteristische Abbildungseigenschaften der zweiten Modalität reduziert und optional charakteristische Abbildungseigenschaften der ersten Modalität verstärkt sind.
- c) Die Registrierung der transformierten Abbildungen, welche vorzugsweise iterativ
30 erfolgen kann.

Das Verfahren umfasst in allgemeiner Form die mit einer Datenverarbeitungseinrichtung

der oben erläuterten Art ausführbaren Schritte. Hinsichtlich der Einzelheiten, Vorteile und Weiterbildungen wird daher auf die obige Beschreibung verwiesen.

Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens werden die Schritte a), b) und c) unter
5 Variation mindestens einer der transformierten Abbildungen mehrfach wiederholt, um auf diese Weise iterativ ein Ähnlichkeitsmaß zwischen den erhaltenen transformierten Abbildungen zu maximieren. Durch eine solche Iteration des Verfahrens kann die Genauigkeit der Registrierung erhöht werden, wobei jedoch bereits frühzeitig ein erstes (vorläufiges) Ergebnis zur Verfügung steht und beispielsweise auf einem Monitor für eine
10 Anzeige verwendet werden kann.

Im Folgenden wird die Erfindung mit Hilfe der beigefügten Figur beispielhaft erläutert. Die einzige Figur zeigt schematisch den Einsatz einer erfindungsgemäßen Daten-
verarbeitungseinrichtung zur Registrierung von CT-Aufnahmen und
15 Ultraschallaufnahmen.

Wenngleich das erfindungsgemäße Verfahren nachfolgend am Beispiel eines chirurgischen Eingriffs erläutert wird, ist es nicht auf medizinische Anwendungen beschränkt. Es ist vielmehr in allen Fällen einsetzbar, in denen Abbildungen registriert werden sollen, die mit
20 unterschiedlichen Modalitäten gewonnen wurden.

Im linken Teil der Figur ist schematisch die Situation bei einem medizinischen Eingriff an einem Patienten 3 dargestellt. Zur Vorbereitung des Eingriffes werden vom Operationsgebiet dreidimensionale Röntgenaufnahmen A mit einem CT-Gerät 1
25 angefertigt und in einer Datenverarbeitungseinrichtung 10 (Workstation) gespeichert.

Wenn der chirurgische Eingriff minimalinvasiv ausgeführt werden soll, beispielsweise mit einem Katheter oder einer Interventionsnadel, ist eine Echtzeitbeobachtung des Eingriffs während der Operation erforderlich. Zu diesem Zweck ist ein Ultraschallgerät 2
30 vorgesehen, welches vom Arzt manuell gesteuert werden kann und zweidimensionale Schnittbilder B des Körpervolumens an die Datenverarbeitungseinrichtung 10 liefert. Um dem Arzt die Interpretation der aktuellen Ultraschallaufnahmen zu erleichtern, ist es

wünschenswert, diese mit der korrespondierenden Schicht aus der präoperativ gewonnenen dreidimensionalen CT-Aufnahme A zu registrieren und beide Abbildungen korrekt überlagert auf einem Monitor 12 darzustellen.

- 5 Um eine möglichst gute Registrierung der Abbildungen A, B trotz ihrer Herkunft aus unterschiedlichen Modalitäten durchführen zu können, wird das nachfolgend näher erläuterte Verfahren ausgeführt. Das Verfahren ist dabei typischerweise durch Anweisungen für eine Recheneinheit 11 (CPU) des Computers 10 implementiert, das heißt in Form von Programmcode bzw. Software. Der Programmcode kann sich zum Beispiel in einem
- 10 Speicher (RAM, Festplatte etc.) des Computers 10 oder auf einem wechselbaren Speichermedium (Diskette, CD, Magnetband etc.) befinden. Ziel des Verfahrens ist es, vor einer Registrierung die ursprünglichen Abbildungen A, B so aneinander anzugleichen, dass Besonderheiten der jeweils zugrunde liegenden Modalitäten vermindert und die Darstellungsweisen einander angeglichen werden. Dies kann insbesondere mit den
- 15 folgenden Verfahrensschritten geschehen:
 1. Segmentierung der dreidimensionalen CT-Abbildung A in Bereiche unterschiedlicher Materialzusammensetzung, zum Beispiel Knochen, Luft, Weichteile etc.
 - 20 2. Erzeugung einer zweidimensionalen Testabbildung aus der ursprünglichen CT-Abbildung A, wobei die charakteristischen Abbildungseigenschaften eines Ultraschallsystems berücksichtigt werden. Bei dieser Berücksichtigung findet insbesondere das Ergebnis der Segmentierung aus dem vorangegangenen Schritt
 - 25 Verwendung, da sich verschiedene Materialien unterschiedlich auf einem Ultraschallbild darstellen. Ferner wird testweise eine bestimmte Position und Orientierung des Ultraschallgerätes angenommen.
 3. Maskierung von Bereichen im vorstehend genannten Testbild, welche bei einer
 - 30 Erzeugung durch ein Ultraschallverfahren keine zuverlässige Bildinformation über das Objekt enthalten würden. Insbesondere können dabei Schatten hinter Knochen und/oder hinter Lufteinschlüssen (zum Beispiel im Darm oder in der Lunge)

maskiert, das heißt aus dem Bild ausgeschnitten werden. Als Ergebnis der Schritte 1. bis 3. wird eine transformierte (Test-)Abbildung A' erhalten.

4. Erzeugung einer transformierten Ultraschallabbildung B', indem die ursprüngliche
5 Ultraschallabbildung B auf die nicht-maskierten Bereiche der transformierten
Abbildung A' beschränkt wird.
5. Registrierung der transformierten Testabbildung A' und der transformierten
10 Ultraschallabbildung B' und Berechnung eines Ähnlichkeitsmaßes zwischen diesen
Abbildungen.
6. Maximierung des Ähnlichkeitsmaßes, indem die Schritte 2. bis 5. für verschiedene
zweidimensionale Testabbildungen aus der ursprünglichen Abbildung A wiederholt
werden. Beispielsweise kann die angenommene Lage der Ultraschallsonde in den
15 verschiedenen Testabbildungen variiert werden.

Am Ende des vorstehend erläuterten Verfahrens ist eine sehr genaue und robuste
Registrierung der ursprünglichen Abbildungen A und B bekannt. Diese kann in üblicher
Weise zum Beispiel dazu verwendet werden, das intraoperative Ultraschallbild B und die
20 präoperative CT-Abbildung A auf einem Monitor 12 überlagert darzustellen.

Kerngedanke des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es somit, die mit unterschiedlichen
Modalitäten gewonnenen Abbildungen A und B zunächst in Bezug auf Besonderheiten der
jeweiligen Modalitäten einander anzugleichen. Dies kann wie oben beschrieben dadurch
25 geschehen, dass eine der Abbildungen (A) in Richtung der Abbildungseigenschaften der
anderen Modalität (Ultraschall) transformiert wird, während die andere Abbildung (B) im
Wesentlichen unverändert bleibt. Ebenso wäre es jedoch auch möglich, die
Ultraschallabbildung B zusätzlich oder alternativ als Ausgangspunkt für eine Modalitäts-
Transformation zu verwenden. Des Weiteren ist es denkbar, die ursprünglichen
30 Abbildungen A, B jeweils unabhängig von der anderen Modalität zunächst in eine
Zwischendarstellung zu transformieren, welche nur modalitätsunabhängige
Bildeigenschaften aufweist. Derartige Zwischendarstellungen könnten dann beliebig mit

Bildern aus anderen Abbildungsverfahren registriert werden.

Das erläuterte Verfahren kann selbstverständlich auch bei anderen als den dargestellten Modalitäten eingesetzt werden. Beispielsweise könnte an Stelle des CTs 1 ein

- 5 Magnetresonanzverfahren zur Erzeugung der dreidimensionalen Abbildungen A eingesetzt werden. Ebenso könnte das intraoperativ eingesetzte Ultraschallsystem 2 durch ein Echtzeit-MR-System und/oder eine CT-Fluoroskopie ersetzt werden.

- Durch ein Positionsmesssystem und/oder eine Kalibrationsprozedur der beteiligten
- 10 Abbildungsmodalitäten könnten ferner automatisch geeignete Startwerte für das oben erläuterte Optimierungsverfahren generiert werden. Diesbezüglich ist in der Figur beispielhaft ein elektromagnetisches Lokalisierungssystem mit einer Magnetfeldsonde 4 auf dem Körper des Patienten und einem Feldgenerator 5 dargestellt, die ihre Messdaten über die räumliche Position des Patienten an das
- 15 Registrierungsmodul 11 senden. Selbstverständlich sind auch andere Einrichtungen wie z.B. optische Lokalisierungssysteme für diesen Zweck anwendbar. Aus einer Kalibrierung der Aufnahmegерäte (Röntgen, Ultraschall) kann ferner bekannt sein, welches Pixel bzw. Voxel zu welchem Raumpunkt in Bezug auf das Gerät gehört, oder mit anderen Worten wie die erzeugte Aufnahme in einem gerätebezogenen Koordinatensystem liegt. Wenn
- 20 dann weiterhin die Raumposition des Aufnahmegерätes bekannt ist, kann auf die absolute Raumposition eines Bildpunktes geschlossen werden. Ist dies ferner für mehrere oder alle Aufnahmegерäte der Fall, so können als Endschrift der Kalibrierung die gerätebezogenen Koordinatensystem ineinander transformiert werden. Auf diese Weise kann auch eine Vorauswahl der in Schritt 2 erzeugten zweidimensionalen Testabbildung getroffen werden.
- 25

- Um bei der Bildregistrierung die Deformation von Gewebe und/oder die Bewegung von Organen berücksichtigen zu können, ist ferner der Einsatz elastischer Registrierungsverfahren möglich. Derartige Verfahren werden beispielsweise bei B.A. Maintz und M. A.Viergever, "A survey of medical image registration" (Medical Image
- 30 Analysis, vol. 2, no. 1, S. 1-36, 1998) beschrieben.

PATENTANSPRÜCHE

1. Datenverarbeitungseinrichtung (10) zur Registrierung einer ersten Abbildung (A) eines Objektes, die mit einer ersten Abbildungsmethode (1) gewonnen wurde, mit einer zweiten Abbildung (B) des Objektes, die mit einer von der ersten Abbildungsmethode unterschiedlichen zweiten Abbildungsmethode (2) gewonnen wurde, wobei die Daten-
- 5 verarbeitungseinrichtung dazu eingerichtet ist, die folgenden Schritte auszuführen:
- a) Erzeugung einer ersten transformierten Abbildung (A') aus der ersten Abbildung (A), in welcher charakteristische Abbildungseigenschaften der ersten Abbildungsmethode (1) reduziert und/oder charakteristische Abbildungseigenschaften der zweiten Abbildungsmethode (2) verstärkt sind;
 - 10 b) Erzeugung einer zweiten transformierten Abbildung (B') aus der zweiten Abbildung (B), in welcher gegebenenfalls charakteristische Abbildungseigenschaften der zweiten Abbildungsmethode (2) reduziert und gegebenenfalls charakteristische Abbildungseigenschaften der ersten Abbildungsmethode (1) verstärkt sind;
 - c) Registrierung der transformierten Abbildungen (A', B').
- 15
2. Datenverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungsmethoden die Anwendung unterschiedlicher Modalitäten beinhalten, wobei eine der Modalitäten eine Computertomografie (1), eine Röntgenprojektion, ein Magnetresonanz-Abbildungsverfahren, ein Ultraschallverfahren (2), eine
- 20 Röntgenfluoroskopie oder eine CT-Fluoroskopie ist, und wobei die damit erzeugte Abbildung (A) zweidimensional oder dreidimensional ist.

3. Datenverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungsmethoden mit derselben Modalität bei verschiedenen Aufnahmebedingungen erzeugt wurden.

5

4. Datenverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 1, welche dazu eingerichtet ist, eine merkmalsbasierte Registrierung der transformierten Abbildungen (A', B') auszuführen.

5. Datenverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 1, welche dazu eingerichtet ist, in
10 mindestens einer der Abbildungen (A) Objektbereiche mit unterschiedlicher materieller Zusammensetzung zu segmentieren.

6. Datenverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 1, welche dazu eingerichtet ist, Bereiche
15 der transformierten Abbildungen (A') zu maskieren, in denen mindestens eine der Abbildungsmethoden (2) keine zuverlässige Bildinformation liefert.

7. Datenverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 1, welche dazu eingerichtet ist, mit Hilfe
eines Positionsmessgerätes gemessene Positionen und/oder eine Kalibrierung der
Abbildungen (A, B) bei der Registrierung zu berücksichtigen.
20

8. Datenverarbeitungseinrichtung nach Anspruch 1, welche dazu eingerichtet ist, Verfahren
der elastischen Registrierung anzuwenden.

9. Verfahren zur Registrierung einer ersten Abbildung (A) eines Objektes, die mit einer ersten Abbildungsmethode (1) gewonnen wurde, mit einer zweiten Abbildung (B) des Objektes, die mit einer von der ersten Abbildungsmethode unterschiedlichen zweiten
- 5 Abbildungsmethode (2) gewonnen wurde, umfassend die folgenden Schritte:
- a) Erzeugung einer ersten transformierten Abbildung (A') aus der ersten Abbildung (A), in welcher charakteristische Abbildungseigenschaften der ersten Abbildungsmethode (1) reduziert und/oder charakteristische Abbildungseigenschaften der zweiten Abbildungsmethode (2) verstärkt sind;
 - 10 b) Erzeugung einer zweiten transformierten Abbildung (B') aus der zweiten Abbildung (B), in welcher gegebenenfalls charakteristische Abbildungseigenschaften der zweiten Abbildungsmethode (2) reduziert und gegebenenfalls charakteristische Abbildungseigenschaften der ersten Abbildungsmethode (1) verstärkt sind;
 - c) Registrierung der transformierten Abbildungen (A', B').
- 15
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritte a), b) und c) unter Variation mindestens einer der transformierten Abbildungen (A') mehrfach wiederholt werden, um ein Ähnlichkeitsmaß zwischen den transformierten Abbildungen (A', B') zu maximieren.

ZUSAMMENFASSUNG

Vorrichtung und Verfahren zur multimodalen Registrierung von Bildern

- Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren, mit denen Abbildungen unterschiedlicher Abbildungsmethoden registriert werden können, beispielsweise
- 5 präoperativ gewonnene 3D Röntgen-Aufnahmen (A) und intraoperativ gewonnene Ultraschallabbildungen (B). Dabei werden in einer Datenverarbeitungseinrichtung (10) zunächst transformierte Abbildungen (A', B') erzeugt, welche in Hinblick auf Besonderheiten der jeweiligen Abbildungsmethoden einander angeglichen sind. Insbesondere kann aus der dreidimensionalen CT-Abbildung (A) ein zweidimensionales
- 10 Bild (A') erzeugt werden, welches die charakteristische Darstellungsweise eines Ultraschallsystems berücksichtigt, indem abgeschattete Bereiche hinter Knochen und/oder gasgefüllten Volumina ausgeblendet werden. Durch eine merkmalsbasierte Registrierung der transformierten Abbildungen (A', B') werden Fehler vermieden, die auf Artefakte bzw. Besonderheiten der jeweiligen Abbildungsmethoden zurückgehen.

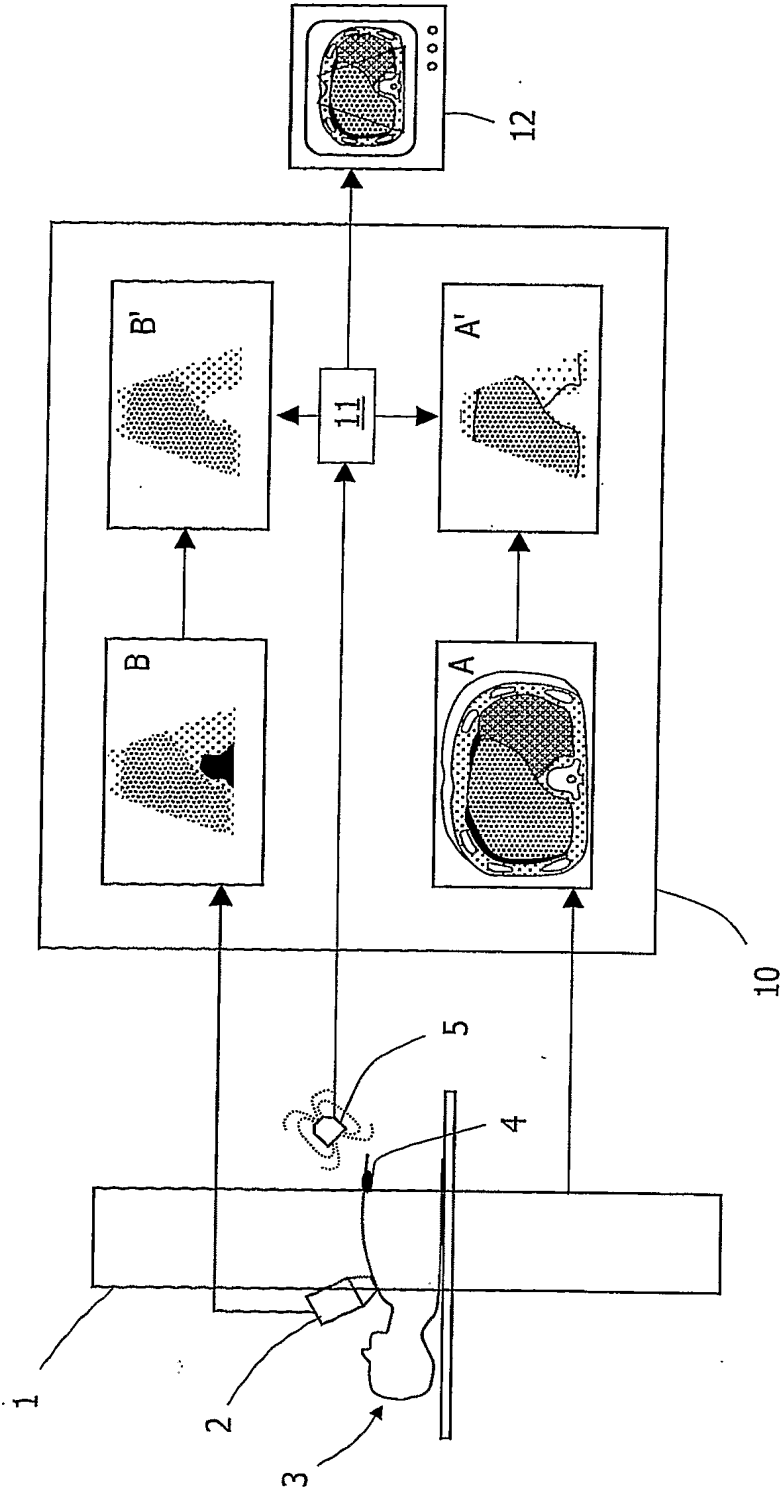


Fig. 1

PCT/IB2005/050468

